



日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日 2 0 0 3 年 3 月 3 1 日
Date of Application:

出 願 番 号 特 願 2 0 0 3 - 0 9 5 4 8 4
Application Number:
[ST. 10/C]: [J P 2 0 0 3 - 0 9 5 4 8 4]

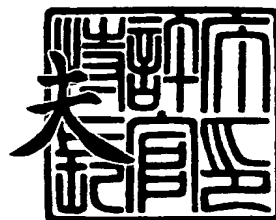
出 願 人 本 田 技 研 工 業 株 式 有 限 公 司
Applicant(s):



2 0 0 3 年 1 2 月 2 4 日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

今 井 康



出証番号 出証特 2 0 0 3 - 3 1 0 6 9 6 0

【書類名】 特許願

【整理番号】 H103063701

【提出日】 平成15年 3月31日

【あて先】 特許庁長官 殿

【国際特許分類】 G06T 7/20
B25J 5/20

【発明者】

【住所又は居所】 埼玉県和光市中央1丁目4番1号 株式会社本田技術研究所内

【氏名】 檜垣 信男

【発明者】

【住所又は居所】 埼玉県和光市中央1丁目4番1号 株式会社本田技術研究所内

【氏名】 嶋田 貴通

【特許出願人】

【識別番号】 000005326

【氏名又は名称】 本田技研工業株式会社

【代理人】

【識別番号】 100081972

【住所又は居所】 東京都豊島区東池袋1丁目20番2号 池袋ホワイトハウスビル816号

【弁理士】

【氏名又は名称】 吉田 豊

【電話番号】 03-5956-7220

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 049836

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1



【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 0016256

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 2足歩行ロボットの制御装置

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 上体に連結された 2 本の脚部を備えると共に、撮像手段で撮像して得た画像に基づいて移動体を検出し、前記検出した移動体の位置に応じて前記脚部の駆動を制御する 2 足歩行ロボットの制御装置において、

- a. 前記撮像手段から入力された画像を解析する入力画像解析手段、
 - b. 前記解析された撮像画像に基づいて移動体を検出し、前記ロボットと移動体の相対距離および相対角度を算出する移動体検出手段、
 - c. 前記算出された相対距離および相対角度に基づいて前記ロボットの歩行を停止すべきか否か判定する歩行停止判定手段、
- および

d. 前記歩行停止判定手段によって前記ロボットの歩行を停止すべきと判定されたとき、前記ロボットが停止するように前記脚部を駆動する脚部駆動手段、を備えると共に、前記撮像手段で画像が撮像されてから前記ロボットの歩行が停止されるまでに前記ロボットが移動する停止時移動距離が、所定の距離以内となるように、前記入力画像解析手段、移動体検出手段、歩行停止判定手段および脚部駆動手段の処理を行うことを特徴とする 2 足歩行ロボットの制御装置。

【請求項 2】 前記ロボットと移動体の相対速度が所定の値であるときの前記停止時移動距離が、前記所定の距離以内となるように、前記入力画像解析手段、移動体検出手段、歩行停止判定手段および脚部駆動手段の処理を行うことを特徴とする請求項 1 項記載の 2 足歩行ロボットの制御装置。

【請求項 3】 前記ロボットと移動体の相対速度が大きいときの前記停止時移動距離が、前記所定の距離以内となるように、前記入力画像解析手段、移動体検出手段、歩行停止判定手段および脚部駆動手段の処理を行うことを特徴とする請求項 1 項記載の 2 足歩行ロボットの制御装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】

この発明は2足歩行ロボットの制御装置に関し、より詳しくは、撮像した画像に基づいて物体や人などの移動体を検出し、検出した移動体の位置に応じて脚部の駆動を制御するようにした2足歩行ロボットの制御装置に関する。

【0002】

【従来の技術】

撮像した画像に基づいて脚部の駆動を制御するようにした2足歩行ロボットの制御装置として、従来、例えば特許文献1に記載される技術が知られている。かかる技術にあつては、歩行環境の地図を障害物情報を含めて予めROMに記述しておくと共に、CCDカメラで撮像して得た画像に基づいて移動環境内の自己（ロボット）の位置を認識し、ロボットが障害物に衝突しないように脚部の駆動を制御している。

【0003】

【特許文献1】

特許第3176701号公報（段落0013から0027など）

【0004】

【発明が解決しようとする課題】

上記した従来技術にあつては、予め記述された障害物（静止物）との衝突は回避することができるが、予め記述された障害物以外、例えば人など、歩行空間内を自由に移動する移動体に対しては、衝突を回避しきれないという不都合があった。

【0005】

従つて、この発明の目的は上記した不都合を解消し、移動体との衝突を回避することができるようにした2足歩行ロボットの制御装置を提供することにある。

【0006】

【課題を解決するための手段】

上記した課題を解決するために、請求項1項においては、上体に連結された2本の脚部を備えると共に、撮像手段で撮像して得た画像に基づいて移動体を検出し、前記検出した移動体の位置に応じて前記脚部の駆動を制御する2足歩行ロボットの制御装置において、前記撮像手段から入力された画像を解析する入力画像

解析手段、前記解析された撮像画像に基づいて移動体を検出し、前記ロボットと移動体の相対距離および相対角度を算出する移動体検出手段、前記算出された相対距離および相対角度に基づいて前記ロボットの歩行を停止すべきか否か判定する歩行停止判定手段、および前記歩行停止判定手段によって前記ロボットの歩行を停止すべきと判定されたとき、前記ロボットが停止するように前記脚部を駆動する脚部駆動手段、を備えると共に、前記撮像手段で画像が撮像されてから前記ロボットの歩行が停止されるまでに前記ロボットが移動する停止時移動距離が、所定の距離以内となるように、前記入力画像解析手段、移動体検出手段、歩行停止判定手段および脚部駆動手段の処理を行う如く構成した。

【0007】

このように、請求項1項においては、撮像手段から入力された画像を解析し、解析された撮像画像に基づいて移動体を検出してロボットと移動体の相対距離および相対角度を算出し、算出された相対距離および相対角度に基づいてロボットの歩行を停止すべきと判定されたとき、前記ロボットが停止するように脚部を駆動すると共に、前記撮像手段で画像が撮像されてから前記ロボットの歩行が停止されるまでに前記ロボットが移動する停止時移動距離が、所定の距離以内となるように、入力画像の解析処理と、ロボットと移動体の相対距離および相対角度の算出処理を含めた移動体の検出処理と、歩行の停止判定処理と、脚部の駆動処理とを行うように構成したので、歩行中のロボットが移動体に接近したとき、ロボットを所定の距離内で停止させることができるため、ロボットと移動体の衝突を回避することができる。

【0008】

尚、この明細書において「移動体」とは、人などの生物であっても良いし、非生物であっても良い。また、物体の一部（人でいえば腕や足など）であるか全部（人でいえば全身）であるかも問わない。

【0009】

また、請求項2項にあつては、前記ロボットと移動体の相対速度が所定の値であるときの前記停止時移動距離が、前記所定の距離以内となるように、前記入力画像解析手段、移動体検出手段、歩行停止判定手段および脚部駆動手段の処理を

行う如く構成した。

【0010】

このように、請求項2項にあつては、ロボットと移動体の相対速度が所定の値であるときの前記停止時移動距離が所定の距離以内となるように、入力画像の解析処理と、ロボットと移動体までの相対距離および相対角度の算出処理を含む移動体の検出処理と、歩行の停止判定処理と、脚部の駆動処理とを行うように構成したので、請求1項で述べた効果をより効果的に得ることができる。

【0011】

また、請求項3項にあつては、前記ロボットと移動体の相対速度が大きいときの前記停止時移動距離が、前記所定の距離以内となるように、前記入力画像解析手段、移動体検出手段、歩行停止判定手段および脚部駆動手段の処理を行う如く構成した。

【0012】

このように、請求項3項にあつては、ロボットと移動体の相対速度が大きいときの前記停止時歩行距離が所定の距離以内となるように、入力画像の解析処理と、ロボットと移動体までの相対距離および相対角度の算出処理を含む移動体の検出処理と、歩行の停止判定処理と、脚部の駆動処理とを行うように構成したので、請求1項で述べた効果をより効果的に得ることができる。

【0013】

【発明の実施の形態】

以下、添付図面を参照してこの発明の一つの実施の形態に係る2足歩行ロボットの制御装置を説明する。

【0014】

図1はその2足歩行ロボット（以下「ロボット」という）1の正面図、図2はその側面図である。

【0015】

図1に示すように、ロボット1は、2本の脚部2を備えると共に、その上方には上体（基体）3が設けられる。上体3の上部には頭部4が設けられると共に、上体3の両側には2本の腕部5が連結される。また、図2に示すように、上体3

の背部には格納部 6 が設けられ、その内部には ECU（電子制御ユニット。後述）およびロボット 1 の関節を駆動する電動モータのバッテリー電源（図示せず）などが収容される。尚、図 1 および図 2 に示すロボット 1 は、内部構造を保護するためのカバーが装着されたものを示す。

【0016】

図 3 を参照して上記したロボット 1 の内部構造を関節を中心に説明する。

【0017】

図示の如く、ロボット 1 は、左右それぞれの脚部 2 に 6 個の関節を備える。計 12 個の関節は、腰部の脚回旋用の鉛直軸（Z 軸あるいは重力軸）まわりの関節 10R, 10L（右側を R、左側を L とする。以下同じ）、股（腰部）のロール方向（X 軸まわり）の関節 12R, 12L、股（腰部）のピッチ方向（Y 軸まわり）の関節 14R, 14L、膝部のピッチ方向（Y 軸まわり）の関節 16R, 16L、足首のピッチ方向（Y 軸まわり）の関節 18R, 18L、および同ロール方向（X 軸まわり）の関節 20R, 20L から構成される。脚部 2R（L）の下部には足平（足部）22R, 22L が装着される。

【0018】

このように、脚部 2 は、股関節（腰関節）10R（L）、12R（L）、14R（L）、膝関節 16R（L）、および足関節 18R（L）、20R（L）から構成される。股関節と膝関節は大腿リンク 24R（L）で、膝関節と足関節は下腿リンク 26R（L）で連結される。

【0019】

脚部 2 は股関節を介して上体 3 に連結されるが、図 3 では上体 3 を上体リンク 28 として簡略的に示す。前記したように、上体 3 には腕部 5 が連結される。腕部 5 は、肩部のピッチ方向の関節 30R, 30L、同ロール方向の関節 32R, 32L、腕の回旋用の鉛直軸まわりの関節 34R, 34L、肘部のピッチ軸まわりの関節 36R, 36L、手首回旋用の鉛直軸まわりの関節 38R, 38L から構成される。手首の先にはハンド（エンドエフェクタ）40R, 40L が装着される。

【0020】

このように、腕部 5 は、肩関節 30 R (L), 32 R (L), 34 R (L)、肘関節 36 R (L)、手首関節 38 R (L) から構成される。また肩関節と肘関節とは上腕部リンク 42 R (L) で、肘関節とハンドとは下腕部リンク 44 R (L) で連結される。

【0021】

頭部 4 は、鉛直軸まわりの首関節 46 およびそれと直交する軸で頭部 4 を回転させる頭部揺動機構 48 から構成される。頭部 4 の内部には、2 個の CCD カメラ (撮像手段) 50 R (L) が、左右に並列してステレオ視 (複眼視) 自在に取りつけられる。CCD カメラ 50 R (L) がそれぞれ撮像して得た画像 (カラー画像) は ECU に送られ、そこで後述する移動体の検出処理が行われる。尚、CCD カメラ 50 R (L) はそれぞれ、 320×240 の画素を備えると共に、水平 60 度、垂直 40 度の視野を有する。

【0022】

ロボット 1 は、上記の如く、左右の脚部 2 R (L) について合計 12 の自由度を与えられ、歩行中にこれらの 12 個の関節を適宜な角度で駆動することで、足全体に所望の動きを与えることができ、任意に 3 次元空間を歩行させることができる。また、腕部 5 も左右の腕についてそれぞれ 5 つの自由度を与えられ、これらの関節を適宜な角度で駆動することで所望の作業を行わせることができる。尚、ロボット 1 の身長は約 1.2 m であり、歩行時の一步の歩幅は 0.335 m である。また、ロボット 1 の最大歩行速度は、3.6 km/h である。

【0023】

また、足関節の下方の足部 22 R (L) には公知の 6 軸力センサ 54 R (L) が取着され、ロボットに作用する外力の内、接地面からロボットに作用する床反力の 3 方向成分 F_x , F_y , F_z とモーメントの 3 方向成分 M_x , M_y , M_z を示す信号を出力する。さらに、上体 3 には傾斜センサ 56 が設置され、鉛直軸に対する傾きとその角速度を示す信号を出力する。

【0024】

前述したとおり、格納部 6 の内部にはマイクロコンピュータからなる ECU 60 などが収容され、6 軸力センサ 54 R (L) などのセンサ出力および CCD カ

メラ 50R (L) の画像出力は、ECU 60 に送られる。

【0025】

図4は、ECU 60 の構成を詳細に示すブロック部である。図示の如く、6 軸力センサ 54R (L) や CCD カメラ 50R (L) などの出力は、ECU 60 の内部において A/D 変換器 62 でデジタル値に変換された後、バス 64 を介して RAM 66 に送られ、記憶される。RAM 66 には、さらに、上記した各関節を駆動する電動モータ M に隣接して配置されるエンコーダ E の出力が、カウンタ 68 を介して入力される。

【0026】

また、ECU 60 には、CPU 70 が設けられる。CPU 70 は、周波数 1.2 GHz で動作し、ROM 72 に格納されている各種データおよび RAM 66 に記憶された各種出力に基づいて各関節の駆動に必要な電動モータ M の制御値（操作量）を算出して D/A 変換器 74 とアンプ A を介して電動モータ M に出力する。

【0027】

図5は、ECU 60 の動作、より具体的には、その内部の CPU 70 の動作を機能的に示すブロック図である。

【0028】

以下、同図を参照して説明する。

【0029】

図示の如く、CPU 70 の動作は、左右の CCD カメラ 50R, 50L から入力された画像を解析する入力画像解析ブロック 70A と、解析された画像から移動体を検出してロボット 1 と移動体の相対距離および相対角度を算出する移動体検出ブロック 70B と、算出された相対距離および相対角度に基づき、必要に応じて移動体とロボット 1 の衝突を回避すべくロボット 1 の歩行を停止させる衝突回避ブロック 70C とで構成される。

【0030】

入力画像解析ブロック 70A は、距離画像生成部 70a と、差分画像生成部 70b と、エッジ画像生成部 70c と、肌色領域画像生成部 70d とからなる。

【0031】

距離画像生成部70aは、同時刻に左側のCCDカメラ50Lと右側のCCDカメラ50Rで撮像された2つの画像の視差に基づき、ロボット1から撮像対象までの距離（奥行き）を示す距離画像DeIを生成する。具体的には、距離画像生成部70aは、左側のCCDカメラ50Lを基準カメラとし、この基準とされた左側のCCDカメラ50Lで撮像された画像（以下「基準画像BI」という）と、右側のCCDカメラ50Rで同時刻に撮像された画像（以下「同時刻画像」という）とを、所定の大きさのブロック（例えば16×16画素）でブロックマッチングし、基準画像からの視差を計測すると共に、計測した視差の大きさ（視差量）を基準画像の各画素に対応付けて距離画像DeIを生成する。尚、視差は、その値が大きいほどCCDカメラ50R（L）から近いことを示し、小さいほど遠く離れていることを示す。

【0032】

図6に、左側のCCDカメラ50Lで撮像された基準画像BIを示す。以降、図6に示す3人の人（人間）が撮像された画像に基づいて説明を続ける。尚、基準画像BIにおいて、右側（図に向かって右側）の人を人Aとし、中央の人を人Bとし、左側の人を人Cとする。図示の如く、人Aは、右手Arhを頭部Ahの右横に挙げている。また、人Aと人Bは、実空間において、CCDカメラ50R（L）から1.63mだけ離間した位置に起立しており、人Cは、CCDカメラ50R（L）から1.96mだけ離間した位置に起立しているものとする。

【0033】

図7に、距離画像生成部70aで生成された距離画像DeIを示す。距離画像DeIは、視差を画素値として表現するため、図7に示すように、CCDカメラ50R（L）に近いほど明るく（人A、人B）、遠いほど暗い（人C）画像になる。尚、図7では、理解の便宜のため、画像の濃淡を斜線の間隔を相違させることによって示す。即ち、図7においては、斜線の間隔が広い領域ほど明るく（近く）、間隔が狭い領域ほど暗い（遠い）ことを意味する。また、黒く塗られた点は、人A、B、Cより遠く離れている（視差が小さい）ことを示す。

【0034】

図5の説明に戻ると、差分画像生成部70bは、左側のCCDカメラ50Lで時系列に撮像された2つの基準画像B Iの差分をとり、差分画像D i Iを生成する。具体的には、差分画像生成部70bは、左側のCCDカメラ50Lで時系列（時刻 t と時刻 $t + \Delta t$ ）に撮像された2つの基準画像B Iの差分を求め、差のあった画素には動き（移動）のあった画素として画素値1を与えると共に、差のなかった画素には動き（移動）のなかった画素として画素値0を与えることで、差分画像D i Iを生成する。尚、差分画像生成部70bでは、生成した差分画像D i Iに対してさらにメディアンフィルタなどの適宜なフィルタ処理を施すことにより、ノイズを除去する。また、ロボット1が移動することによって時刻 t と時刻 $t + \Delta t$ の基準画像B I内の背景が変化する場合は、CCDカメラ50Lの移動量に基づいて時刻 $t + \Delta t$ に撮像した基準画像B Iを補正することで、移動体の動きのみを差分として検出するようにする。

【0035】

図8に、差分画像生成部70bで生成された差分画像D i Iを示す。同図において、黒で示す領域が画素値1を与えた領域、即ち、動きのあった画素を示し、白で示す領域が画素値0を与えた領域、即ち、動きのなかった画素を示す。従って同図は、時刻 t から時刻 $t + \Delta t$ までの間に、人Aの右手A r hや頭部A h、人Bの右手B r hに最も大きな動き（移動）が生じたことを示す。

【0036】

図5の説明に戻ると、エッジ画像生成部70cは、左側のCCDカメラ50Lで撮像された基準画像B Iに基づいてエッジ画像E Iを生成する。具体的には、エッジ画像生成部70cは、前記基準画像B Iの輝度が所定レベル以上変化する画素をエッジとして検出し、検出したエッジのみからなるエッジ画像E Iを生成する。尚、エッジの検出は、より具体的には、画像全体に所定の重み係数を有するオペレータ（S o v e l オペレータなど）を当て、対応する画素輝度値の積を算出し、行または列単位で隣の線分と所定値以上の差を有する線分をエッジとして検出することによって行う。

【0037】

図9に、エッジ画像生成部70cで生成されたエッジ画像E Iを示す。図示の

如く、輝度が大きく変化する背景と各人A, B, Cの境界線が、エッジとして検出される。

【0038】

図5の説明に戻ると、肌色領域画像生成部70dは、左側のCCDカメラ50Lで撮像された基準画像BIから肌色の領域を抽出して肌色領域画像CIを生成する。具体的には、肌色領域画像生成部70dは、前記基準画像BIをRGB値（Red, Green, Blue）からHLS空間（色相、明度、彩度）に変換し、色相、明度および彩度の全てが予め設定された肌色に関するしきい値を超えた画素に肌色を呈する画素として画素値1を与え、他の画素に肌色以外の色彩を呈する画素として画素値0を与えることで、肌色領域画像CIを生成する。また、肌色領域画像生成部70dでは、生成した肌色領域画像CIに対してさらにメディアンフィルタなどの適宜なフィルタ処理を施すことにより、ノイズを除去する。

【0039】

図10に、肌色領域画像生成部70dで生成された肌色領域画像CIを示す。同図において、黒で示す領域が画素値1を与えた領域、即ち、肌色を呈する画素を示し、白で示す領域が画素値0を与えた領域、即ち、肌色以外の色彩を呈する画素を示す。図示の如く、基準画像BIのうち、人A, B, Cの肌色部分（肌が露出した部分）、即ち、それぞれの頭部（より詳しくは顔部）Ah, Bh, Chと、人A, Bの右手（より詳しくは手のひら）Arh, Brhと、人A, Bの左手（より詳しくは手のひら）Alh, Blhが肌色領域として抽出される。尚、人Cの両手は、図6に示す如く体の後ろで組まれていることから、肌色領域として抽出されない。

【0040】

図5の説明に戻ると、移動体検出ブロック70Bは、移動体距離設定部70eと、移動体距離画像生成部70fと、輪郭抽出領域設定部70gと、中心線補正部70hと、移動体検出部70iと、距離画像更新部70jとからなる。

【0041】

移動体距離設定部70eは、前記した距離画像DeIと差分画像DiIに基づいて移動体（人A, B, C）が存在すると推定される位置までの距離（以下「移

動体距離」という)を設定する。具体的には、移動体距離設定部 70 e は、距離画像 D e I で表された視差(距離)ごとに、その視差に対応する位置にある差分画像 D i I の画素数を累計すると共に、累計値が最大となる視差(距離)に移動体が存在していると推定し、移動体距離として設定する。

【0042】

図 8 に示した差分画像では、人 A の右手 A r h や頭部 A h、人 B の右手 B r h に最も大きな動き(移動)が生じていることから、図 7 に示す距離画像 D e I において、CCD カメラ 50 R (L) から 1.63 m の距離を示す視差が移動体距離として設定されることになる。尚、移動体距離設定部 70 e は、入力された距離画像 D e I と差分画像 D i I を、前記した R A M 66 に記憶させる。

【0043】

図 5 の説明を続けると、移動体距離設定部 70 e で設定された移動体距離は、移動体距離画像生成部 70 f に送出される。移動体距離画像生成部 70 f は、エッジ画像 E I から前記移動体距離に対応する画素を抽出して移動体距離画像 T D e I を生成する。

【0044】

具体的には、移動体距離画像生成部 70 f は、前記移動体距離 $\pm \alpha$ の視差の幅(奥行き)を、最も動きの大きい移動体が存在する視差の範囲として設定する。ここで、 α の値は、移動体を人と仮定した場合、例えば 0.5 m に設定される。従って、図 11 に示すように、移動体距離画像 T D e I には、人 A、B を示すエッジの他、人 A、B から 0.33 m 後方に位置する人 C を示すエッジも抽出される。一方、それより後方に位置する背景を示すエッジは、削除される。

【0045】

移動体距離画像生成部 70 f で生成された移動体距離画像 T D e I は、輪郭抽出領域設定部 70 g に送出される。輪郭抽出領域設定部 70 g は、前記移動体距離画像 T D e I 内の画素数を累計してヒストグラム化すると共に、累計した画素数が最大となる位置を中心線として、移動体距離画像 T D e I に、移動体の輪郭の抽出を実行すべき輪郭抽出領域を設定する。

【0046】

具体的には、輪郭抽出領域設定部 70 g は、移動体距離画像生成部 70 f で生成された移動体距離画像 T D e I の垂直方向の画素数を累計し、ヒストグラム化する。図 12 に、移動体距離画像 T D e I の垂直方向の画素（符号 P E）と、作成したヒストグラム（符号 H）を示す。尚、同図（および後述の図 13 と図 14）において、理解の便宜のため、画素 P E の背景に図 6 で示した基準画像 B I を重畳して示す。

【0047】

輪郭抽出領域設定部 70 g は、さらに、作成したヒストグラム H が最大となる位置に中心線 C L を設定する。そして、設定した中心線 C L を中心に、図 13 に示す如く、移動体の輪郭の抽出（後述）を実行すべき輪郭抽出領域 T を設定する。より具体的には、中心線 C L を中心として水平方向に所定の幅を有すると共に、垂直方向に所定の幅を有する範囲を、輪郭抽出領域 T として設定する。

【0048】

これにより、移動体（人 A と人 B）が隣接して存在している場合であっても、それらを個別の移動体として分割した上で輪郭の抽出を実行することができる。尚、水平方向の所定の幅は、移動体を人と仮定した場合、肩幅程度の値、具体的には 0.5 m に設定する。また、垂直方向の所定の幅は、移動体までの距離とカメラパラメータ（CCD カメラ 50 R（L）のパン、チルト角など）の値に基づき、移動体を十分に覆うことのできる範囲（移動体を人と仮定した場合、例えば 2.0 m）に設定する。

【0049】

ここで、ヒストグラム H が最大となる位置を輪郭抽出領域 T の中心に設定するのは、そこに移動体の中心（図 13 を例にとって説明すれば、人 A の頭部 A h）が存在すると考えられるためである。しかしながら、移動体距離画像 T D e I は、エッジ画像 E I をベースとして生成されているため、頭部と背景の境界線付近に多くの画素が存在する。

【0050】

従って、図 13 に示すように、ヒストグラム H が最大となる位置、即ち、中心線 C L が、頭部（人 A の頭部 A h）の中心から端部方向へとずれる場合がある。

輪郭抽出領域 T は、検出すべき移動体に対応した大きさの範囲に設定されるため、中心線 C L が移動体の中心からずれると、図 1 3 に示すように、移動体の一部（人 A の右手 A r h）が輪郭抽出領域 T の外方に突出してしまい、移動体を正確に検出できないおそれがある。尚、輪郭抽出領域 T を拡大すれば移動体の全てを領域内に収めることができるが、輪郭抽出領域 T は、移動体の輪郭の抽出が行われる領域であるので、処理の負担上、領域を拡大するのは好ましくない。

【 0 0 5 1 】

そこで、この実施の形態にあっては、輪郭抽出領域 T が適正な位置となるように、輪郭抽出領域設定部 7 0 g で設定した中心線 C L を補正するようにした。

【 0 0 5 2 】

図 5 の説明に戻ると、輪郭抽出領域設定部 7 0 g で設定された中心線 C L と輪郭抽出領域 T は、中心線補正部 7 0 h に送出され、そこで前記エッジ画像 E I に基づいて中心線 C L の位置と輪郭抽出領域 T が補正される。

【 0 0 5 3 】

具体的には、中心線補正部 7 0 h は、エッジ画像 E I と、中心線 C L および輪郭抽出領域 T が設定された移動体距離画像 T D e I を入力し、エッジ画像 E I と移動体距離画像 T D e I を重ね合わせて中心線 C L を補正する。

【 0 0 5 4 】

エッジ画像 E I は、移動体の外形線によく合致しているため、前記中心線 C L を、エッジ画像 E I で垂直方向のピークが現れる位置（即ち、移動体で最も高い位置に存在する頭部の中心）に補正することで、中心線 C L を移動体の中心に正確に位置させることができる。

【 0 0 5 5 】

しかしながら、図 9 の人 A のように、手を頭部と同じ高さ付近まで挙げている場合などにあっては、エッジ画像 E I に複数のピークが存在するため、どのピークを頭部として認識すべきかという問題が生じる。

【 0 0 5 6 】

そこで、中心線補正部 7 0 h では、前記した肌色領域画像生成部 7 0 d で生成された肌色領域画像 C I を入力し、入力した肌色領域画像 C I を、データベース

DB (図 14 に示す) に記憶された複数の肌色領域の配置パターンと比較すると共に、最も近似する配置パターンに基づき、頭部として認識すべきエッジ画像のピークを判定するようにした。尚、データベース DB は、前記した ROM 72 に格納される。

【0057】

上記について敷衍すると、データベース DB には、図 14 に示す如く、頭部 (顔部) と手 (手のひら) からなる肌色領域 (斜線で示す) の配置パターンが複数記憶される。肌色領域の配置パターンとしては、例えば、頭部の横に手を位置させる (パターン 1)、手を頭部より上方に挙げる (パターン 2)、握手を求める位置に手を配置する (パターン 3)、などのパターンが記憶される。中心線補正部 70h は、それら配置パターンと肌色領域画像 CI とを比較し、最も近似する配置パターンを選択することで、肌色領域画像 CI において、どの肌色領域が頭部を表しているのかを判定することができる。尚、データベース DB に記憶された各パターンは、前記移動体距離設定部 70e で設定された移動体距離に応じて適宜補正されることは言うまでもない。

【0058】

そして、中心線補正部 70h は、頭部と認識された肌色領域画像 CI の肌色領域に対応するエッジ画像 EI のピークに、前記した輪郭抽出領域 T の中心線 CL を位置させる (補正する)。これにより、エッジ画像 EI のピークが複数存在する場合であっても、中心線 CL を移動体の中心に正確に位置させることができる。図 15 に、補正後の中心線 CCL と輪郭抽出領域 CT を示す。

【0059】

図 5 の説明に戻ると、中心線補正部 70h で設定された補正後の中心線 CCL と輪郭抽出領域 CT は、移動体検出部 70i に送出される。

【0060】

移動体検出部 70i は、補正後の輪郭抽出領域 CT 内において、公知の動的輪郭モデル (スネーク: Snakes) によって移動体 (人 A) の輪郭 (図 15 で符号 O で示す) を抽出して移動体を検出する。また、図 15 に示す如く、移動体の重心位置 (輪郭 O を含む内部領域の重心位置) を算出すると共に、移動体の重

心位置とロボット1との距離（相対距離）[m] および方向（相対角度）[deg] を算出する。

【0061】

移動体検出部70iで抽出された移動体の輪郭O、および算出された距離と方向は、移動体情報として距離画像更新部70jに送出される。距離画像更新部70jは、移動体検出部70iで算出された移動体情報に基づき、移動体距離設定部70eで記憶させた距離画像DeIを更新する。

【0062】

具体的には、輪郭Oを含む内部領域に対応する距離画像DeIの画素値を0に設定する。換言すれば、輪郭の抽出が完了した移動体の存在領域を、距離画像DeIから削除する。距離画像更新部70jによって距離画像DeIを更新されると、その情報は更新情報として移動体距離設定部70eに送出される。これにより、上述の移動体の検出処理を継続することで、次回以降の処理において、人Bや人Cを個別の移動体として検出することができる。

【0063】

また、衝突回避ブロック70Cは、図示の如く、歩行停止判定部70kと、制御値算出部70lとからなる。

【0064】

歩行停止判定部70kは、移動体検出部70iで算出された移動体情報を入力し、それに基づいてロボット1の歩行を停止すべきか否か判定する。

【0065】

具体的には、歩行停止判定部70kは、入力された移動体情報に基づき、ロボット1が予定している歩行経路上に移動体が存在し、かつ、所定の距離以内（例えば0.9m以内）に接近しているか否か判断する。そして、移動体が歩行経路において0.9m以内に接近しているときは歩行停止指示を出力する一方で、移動体が歩行経路上に存在しない、あるいは歩行経路上に存在するが0.9m以内に接近していないときは、歩行継続指示を出力する。

【0066】

歩行停止判定部70kから出力された歩行停止指示あるいは歩行継続指示は、

制御値算出部 701 に入力される。

【0067】

制御値算出部 701 は、歩行停止指示が入力されたとき、ロボット 1 の歩行が停止するように各関節を駆動する電動モータ M の制御値を算出し、前記したアンプなどを介して電動モータ M に出力する。他方、歩行継続指示が入力されたときは、ロボット 1 が予定した経路の歩行を継続するように電動モータ M の制御値を算出して出力する。尚、ロボット 1 の歩容の生成手法に関しては、本出願人が先に提案した特開 2002-326173 号公報などに詳しく記載されているため、ここでの説明は省略する。

【0068】

ところで、ロボット 1 の歩行を安定して停止させるには、通常、1 歩では足りず、2 歩分の歩容が必要となる。前述したように、ロボット 1 の一步の歩幅は 0.335 m であるから、ロボット 1 を安定に停止させるには、停止歩容（歩行から停止へと安定に移行させるための歩容）が開始された地点から最低でも 0.67 m（2 歩分）移動することになる。さらに、CCD カメラ 50R（L）で対象を撮像してから画像を解析し、移動体を検出して停止判定を行い、制御値を算出して出力するまでの間も、ロボット 1 は歩行速度に応じた距離だけ移動していることから、実空間内でロボット 1 と移動体が所定の距離（0.9 m）に接近したことを示す画像が CCD カメラ 50R（L）によって撮像されてから、ロボット 1 が実際に停止するまでには、ロボット 1 は 0.67 m 以上移動することになる。

【0069】

そこで、この実施の形態にあっては、ロボット 1 と移動体の衝突を回避させるべく、CCD カメラ 50R（L）で対象を撮像してから電動モータ M の制御値を算出して出力するまでの処理時間を、所定の条件に従って設定するようにした。

【0070】

ここで、所定の条件とは、ロボット 1 と移動体の相対速度が所定の値であるとき、より具体的には、ロボット 1 が最大歩行速度で歩行している場合を意味する。別言すれば、ロボット 1 と移動体の相対速度が大きいときを意味する。ロボッ

ト 1 を移動体に衝突する前に停止させるには、上記の処理を実行しているときのロボット 1 の移動距離が、 $0.9 - 0.67 = 0.23$ m 以内であれば良い。また、処理中の移動距離は、処理時間×ロボット 1 の歩行速度で表される。従って、ロボット 1 が最大歩行速度（前記したように 3.6 km/h）で歩行しているときの処理中の移動距離が、 0.23 m 以内となるように処理時間を設定することで、ロボット 1 と移動体の衝突を回避することができる。

【0071】

図 16 は、ロボット 1 が停止するまでの各種処理とそれに要する時間などを示すタイム・チャートである。

【0072】

図 16 に示すように、カメラ画像を取得してから制御値を算出して出力するまでの処理時間を、最大 192.5 msec に設定した。

【0073】

具体的には、CCD カメラ 50R (L) で対象を撮像し、適宜な補正を施して基準画像 B I および同時刻画像を得るまでに要する処理時間を 10 msec とし、それらに基づいて距離画像 D e I、差分画像 D i I、エッジ画像 E I および肌色領域画像 C I を生成するまでに要する処理時間を 37.5 msec とする。即ち、入力画像解析ブロック 70A で実行される入力画像の解析処理に要する時間を、合計 47.5 msec とする。

【0074】

また、距離画像 D e I と差分画像 D i I に基づいて移動体距離を設定して移動体距離画像 T D e I を生成すると共に、移動体距離画像 T D e I に輪郭抽出領域 T を設定し、さらにその中心線 C L を補正するのに要する処理時間を 25 msec とする。また、補正後の輪郭抽出領域 C T 内において動的輪郭モデルを用いて輪郭 O を抽出して移動体を検出し、移動体情報を算出するのに要する処理時間を 12.5 msec とする。即ち、移動体検出ブロック 70B で実行される、移動体情報（相対距離や相対角度など）の算出処理を含めた移動体の検出処理に要する時間を、合計 37.5 msec とする。

【0075】

さらに、算出した移動体情報に基づいてロボット1の歩行を停止すべきか否かを判定するのに要する処理時間を7.5 msecとすると共に、歩行停止指示が出力されたときに停止歩容を実現する制御値を算出して出力するまでに要する処理時間を最大100 msecとする。即ち、衝突回避ブロック70Cで実行される処理に要する時間の合計を、最大107.5 msecとする。

【0076】

このように、ロボット1がCCDカメラ50R(L)で対象を撮像してから電動モータMの制御値を算出して出力するまでの処理時間の合計を、192.5 msecに設定したので、上記処理中にロボット1が移動する距離は、0.23 m以下の0.1925 mとなる。従って、実空間内でロボット1と移動体が所定の距離(0.9 m)に接近したことを示す画像がCCDカメラ50R(L)によって撮像されてから、ロボット1が実際に停止するまでの移動距離(停止時移動距離)は、最大で0.8625 m(0.1925 + 0.67)となり、よってロボット1と移動体が衝突する前にロボット1を停止させることができる。

【0077】

このように、この実施の形態にあつては、CCDカメラ50R(L)から入力された画像を解析し、それに基づいて移動体を検出して移動体情報を算出し、算出された移動体情報に基づいてロボット1の歩行を停止すべきと判定されたとき、ロボット1が停止するように脚部2R(L)を駆動する電動モータMの制御値を算出すると共に、CCDカメラ50R(L)で画像が撮像されてからロボット1の歩行が停止されるまでの停止時移動距離が所定の距離(0.9 m)以内となるように、入力画像の解析処理と、移動体情報の算出処理を含めた移動体の検出処理と、歩行の停止判定処理と、脚部の駆動処理(制御値の算出処理)とを行うように構成したので、歩行中のロボット1が移動体に接近したとき、ロボット1を所定の距離以内で停止させることができるため、ロボット1と移動体の衝突を回避することができる。

【0078】

より具体的には、ロボット1と移動体の相対速度が所定の値(ロボット1の最大歩行速度。3.6 km/h)のとき、別言すれば、ロボット1と移動体の相対

速度が大きいとき、ロボット 1 が前記所定の距離以内に停止するように上記各処理を行うように構成したので、ロボット 1 と移動体の衝突をより効果的に回避することができる。

【0079】

以上のように、この発明の一つの実施の形態にあつては、上体 3 に連結された 2 本の脚部 2 R (L) を備えると共に、撮像手段 (CCD カメラ 50 R (L)) で撮像して得た画像 (基準画像 B I と同時刻画像) に基づいて移動体 (人 A, B, C) を検出し、前記検出した移動体の位置に応じて前記脚部 2 R (L) の駆動を制御する 2 足歩行ロボット 1 の制御装置において、前記撮像手段から入力された画像を解析する入力画像解析手段 (入力画像解析ブロック 70 A)、前記解析された撮像画像 (距離画像 D e I、差分画像 D i I、エッジ画像 E I および肌色領域画像 C I) に基づいて移動体を検出し、前記ロボット 1 と移動体の相対距離および相対角度 (移動体情報) を算出する移動体検出手段 (移動体検出ブロック 70 B)、前記算出された相対距離および相対角度に基づいて前記ロボット 1 の歩行を停止すべきか否か判定する歩行停止判定手段 (歩行停止判定部 70 k)、および前記歩行停止判定手段によって前記ロボット 1 の歩行を停止すべきと判定されたとき (歩行停止指示が出力されたとき)、前記ロボット 1 が停止するように前記脚部 2 R (L) を駆動する脚部駆動手段 (制御値算出部 74 l)、を備えると共に、前記撮像手段で画像が撮像されてから前記ロボット 1 の歩行が停止されるまでに前記ロボット 1 が移動する停止時移動距離が、所定の距離以内となるように、前記入力画像解析手段、移動体検出手段、歩行停止判定手段および脚部駆動手段の処理を行う如く構成した。

【0080】

より具体的には、前記ロボット 1 と移動体の相対速度が所定の値 (ロボット 1 の最大歩行速度。3.6 km/h) のとき、別言すれば、前記ロボット 1 と移動体の相対速度が大きいときの前記停止時移動距離が、前記所定の距離 (0.9 m) 以内となるように、前記入力画像解析手段、移動体検出手段、歩行停止判定手段および脚部駆動手段の処理を行う如く構成した。

【0081】

尚、上記において、所定の距離を 0.9 m に設定したが、それに限られるものではなく、ロボットの歩幅や最大歩行速度（所定の条件）、CPU の処理能力などに応じて適宜設定して良い。

【0082】

また、所定の条件を、ロボット 1 が最大歩行速度で歩行しているときとしたが、移動体自身もロボットに接近してくる場合を考慮に入れて設定するようにしても良い。即ち、所定の条件を、ロボットの歩行速度と移動体の移動速度（接近速度）の和とするようにしても良い。その意味から、請求項 2 項および 3 項において、「ロボットと移動体の相対速度」と記載した。

【0083】

さらに、移動体の移動速度（接近速度）は一意ではないことから、ロボットと移動体の相対速度に応じて前記所定の距離を変更するようにしても良い。移動体の移動速度は、例えば、時刻 t に算出された移動体情報と時刻 $t + \Delta t$ に算出された移動体情報との差分を求めることなどによって算出することができる。尚、移動体以外の障害物、即ち、静止物に対しては、静止物までの距離とロボット 1 の歩行速度に基づいて歩行停止の要否判定を行えば良い。

【0084】

また、基準画像 B I から肌色領域を抽出して肌色領域画像 C I を生成するようにしたが、移動体の特徴（特に姿勢の特徴）を認識できる色彩であれば、他の色彩であっても良い。

【0085】

【発明の効果】

請求項 1 項にあっては、撮像手段から入力された画像を解析し、解析された撮像画像に基づいて移動体を検出してロボットと移動体の相対距離および相対角度を算出し、算出された相対距離および相対角度に基づいてロボットの歩行を停止すべきと判定されたとき、前記ロボットが停止するように脚部を駆動すると共に、前記撮像手段で画像が撮像されてから前記ロボットの歩行が停止されるまでに前記ロボットが移動する停止時移動距離が、所定の距離以内となるように、入力画像の解析処理と、ロボットと移動体の相対距離および相対角度の算出処理を含

めた移動体の検出処理と、歩行の停止判定処理と、脚部の駆動処理とを行うように構成したので、歩行中のロボットが移動体に接近したとき、ロボットを所定の距離内で停止させることができるため、ロボットと移動体の衝突を回避することができる。

【0086】

請求項2項においては、ロボットと移動体の相対速度が所定の値であるときの前記停止時移動距離が所定の距離以内となるように、入力画像の解析処理と、ロボットと移動体までの相対距離および相対角度の算出処理を含めた移動体の検出処理と、歩行の停止判定処理と、脚部の駆動処理とを行うように構成したので、請求1項で述べた効果をより効果的に得ることができる。

【0087】

請求項3項においては、ロボットと移動体の相対速度が大きいときの前記停止時移動距離が所定の距離以内となるように、入力画像の解析処理と、ロボットと移動体までの相対距離および相対角度の算出処理を含めた移動体の検出処理と、歩行の停止判定処理と、脚部の駆動処理とを行うように構成したので、請求1項で述べた効果をより効果的に得ることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】

この発明の一つの実施の形態に係る2足歩行ロボットの制御装置が搭載される、2足歩行ロボットの正面図である。

【図2】

図1に示す2足歩行ロボットの右側面図である。

【図3】

図1に示す2足歩行ロボットの内部構造を関節を中心に全体的に示す概略図である。

【図4】

図3に示すECUの構成を詳細に示すブロック図である。

【図5】

図4に示すECUの動作、より具体的には、その内部のCPUの動作を機能的

に示すブロック図である。

【図 6】

図 5 に示す CCD カメラのうち、左側の CCD カメラで撮像した基準画像を示す説明図である。

【図 7】

図 5 に示す距離画像生成部で生成される距離画像を示す説明図である。

【図 8】

図 5 に示す差分画像生成部で生成される差分画像を示す説明図である。

【図 9】

図 5 に示すエッジ画像生成部で生成されるエッジ画像を示す説明図である。

【図 10】

図 5 に示す肌色領域画像生成部で生成される肌色領域画像を示す説明図である。

【図 11】

図 5 に示す移動体距離画像生成部で生成される移動体距離画像を示す説明図である。

【図 12】

図 5 に示す輪郭抽出領域設定部で設定されるヒストグラムと中心線を示す説明図である。

【図 13】

図 5 に示す輪郭抽出領域設定部で設定される輪郭抽出領域を示す説明図である。

【図 14】

図 5 に示す中心線補正部で使用されるデータベースを示す説明図である。

【図 15】

図 5 に示す中心線補正部で補正された中心線と輪郭抽出領域を示す説明図である。

【図 16】

図 1 に示す 2 足歩行ロボットが停止するまでの各種処理とそれに要する時間な

どを示すタイム・チャートである。

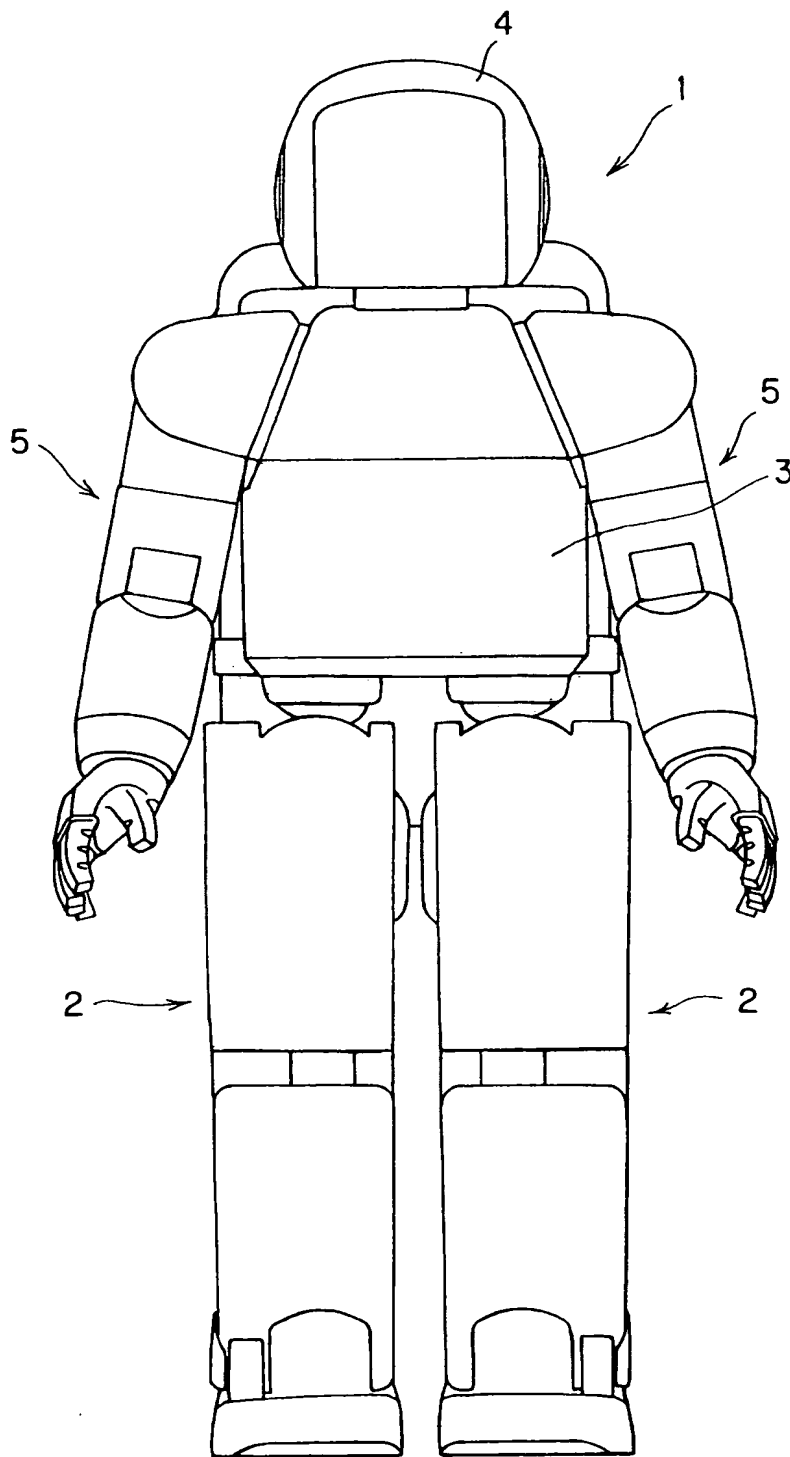
【符号の説明】

- 1 2 足歩行ロボット
- 2 脚部
- 3 上体
- 5 腕部
- 5 0 R (右側の) C C D カメラ (撮像手段)
- 5 0 L (左側の) C C D カメラ (撮像手段)
- 6 0 E C U
- 7 0 C P U
- 7 0 A 入力画像解析ブロック (入力画像解析手段)
- 7 0 B 移動体検出ブロック (移動体検出手段)
- 7 0 k 歩行停止判定部 (歩行停止判定手段)
- 7 0 l 制御値算出部 (脚部駆動手段)
- A 人 (移動体)
- B 人 (移動体)
- B I 基準画像 (撮像画像)
- C 人 (移動体)
- C I 肌色領域画像 (解析された撮像画像)
- D e I 距離画像 (解析された撮像画像)
- D i I 差分画像 (解析された撮像画像)
- E I エッジ画像 (解析された撮像画像)
- M 電動モータ (脚部駆動手段)

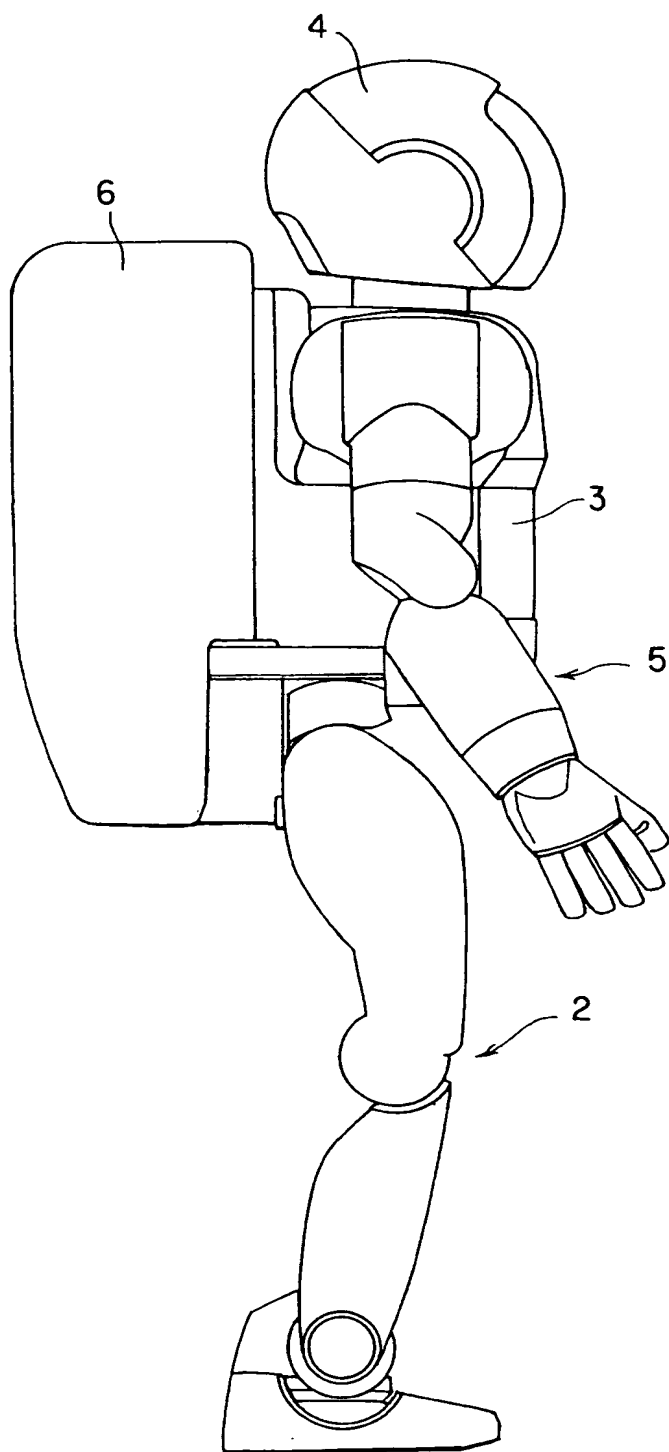
【書類名】

図面

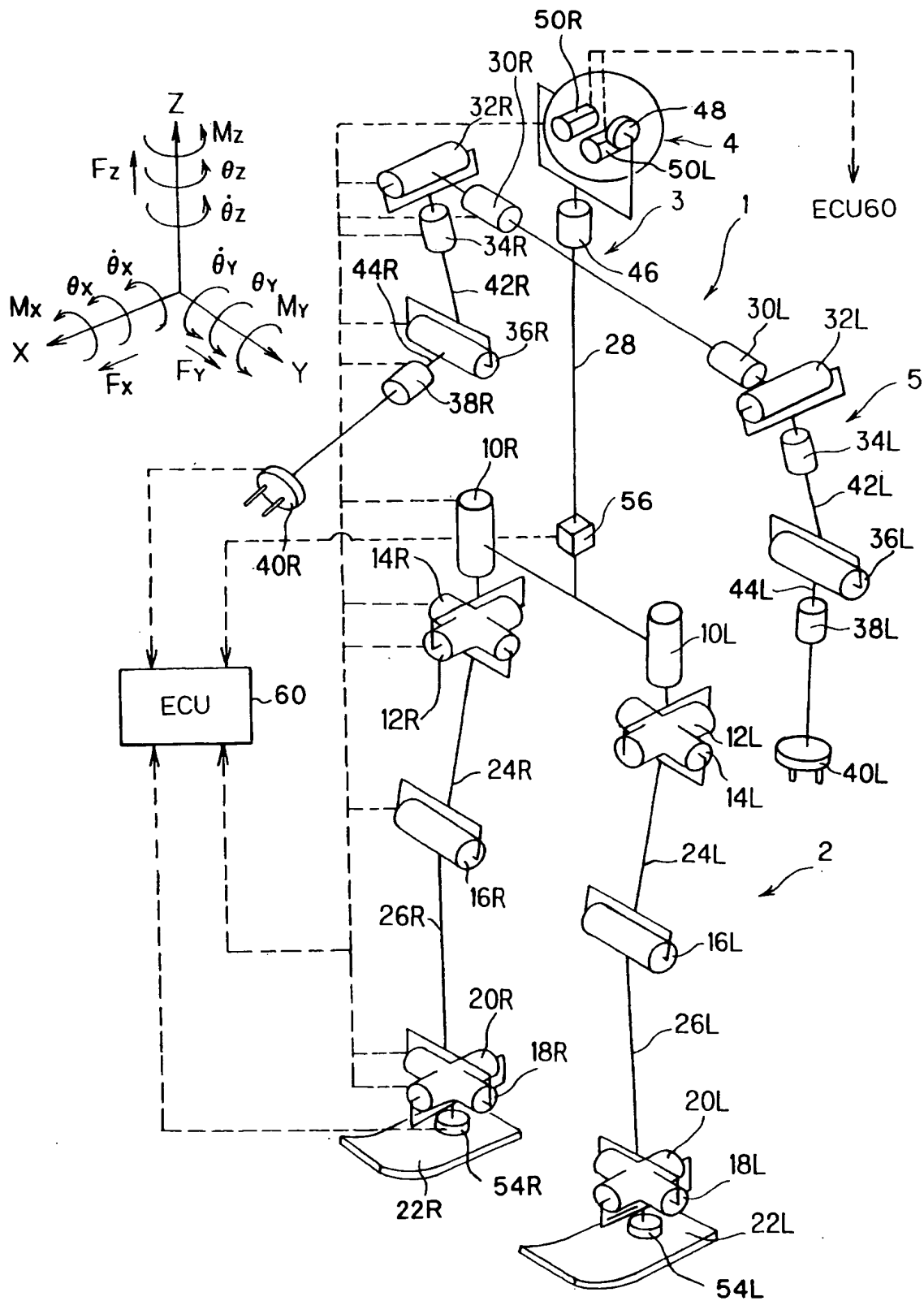
【図 1】



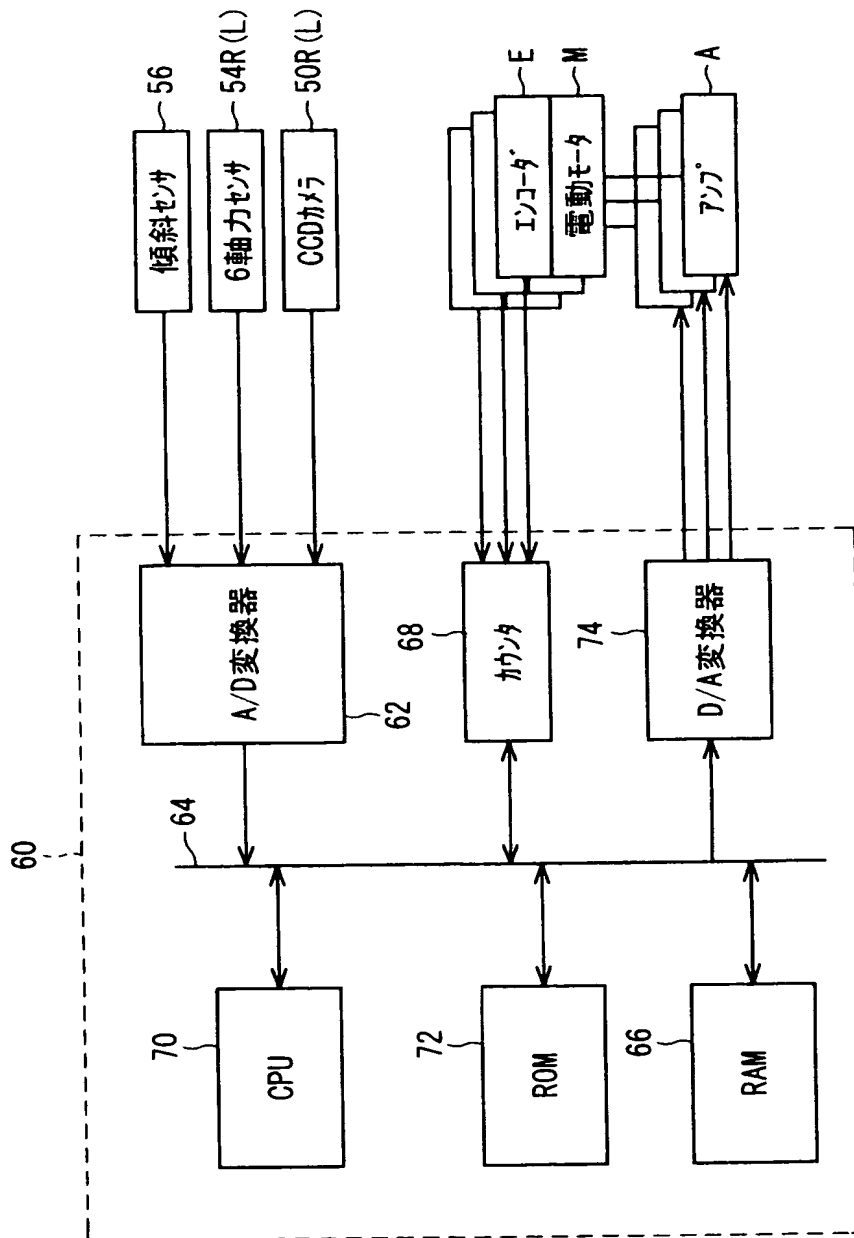
【図 2】



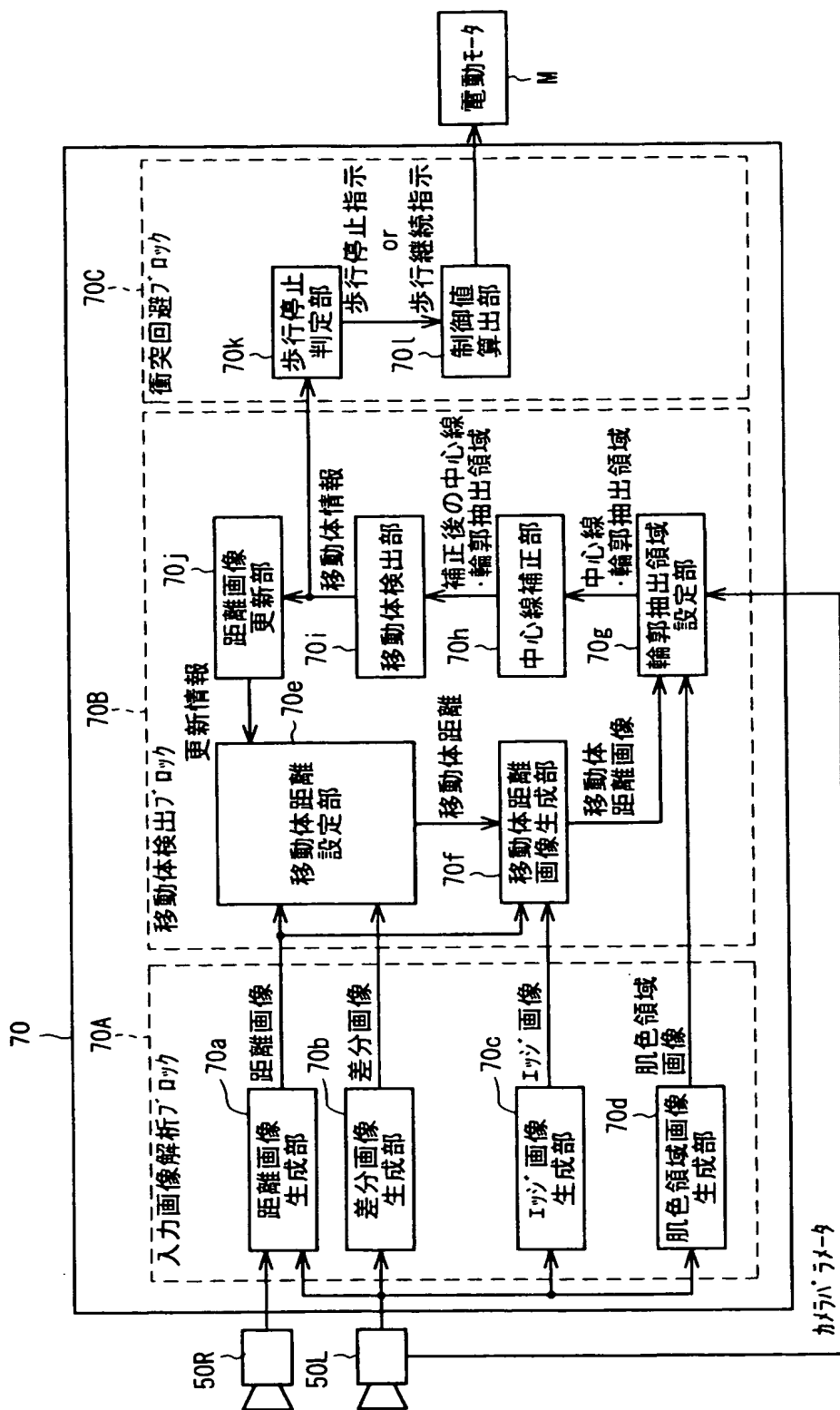
【図 3】



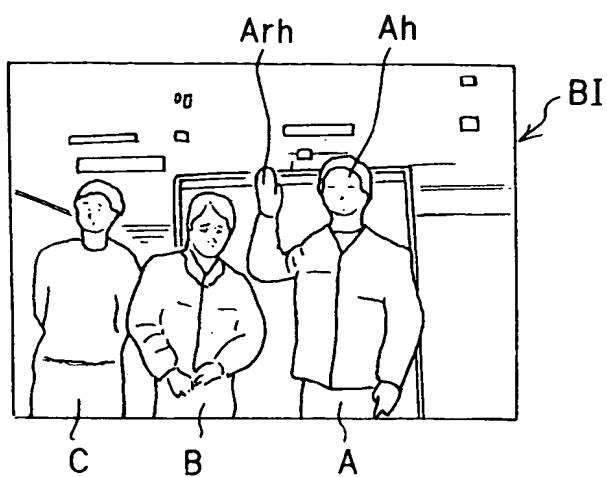
【図 4】



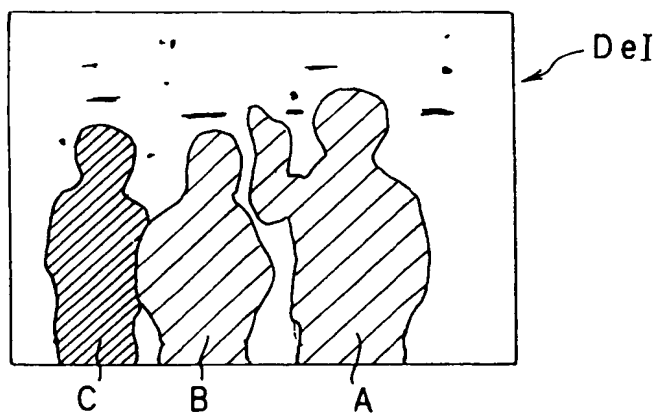
【図 5】



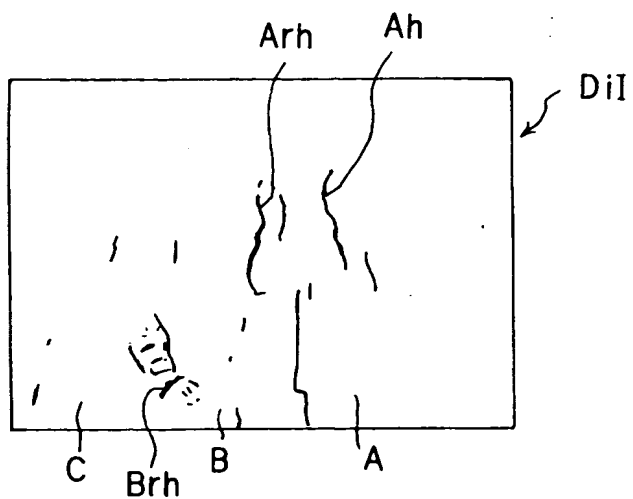
【図 6】



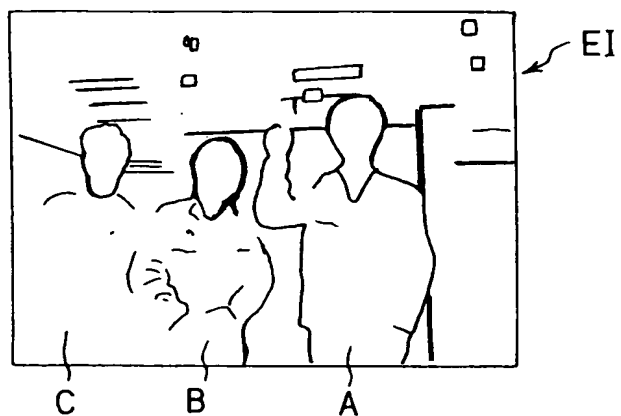
【図 7】



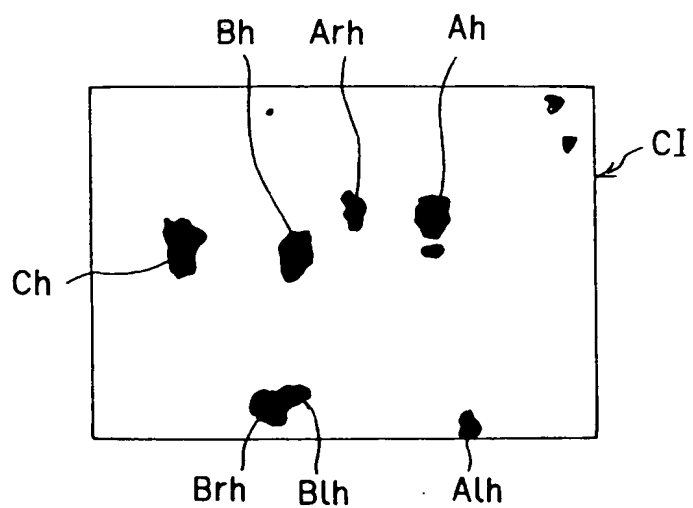
【図 8】



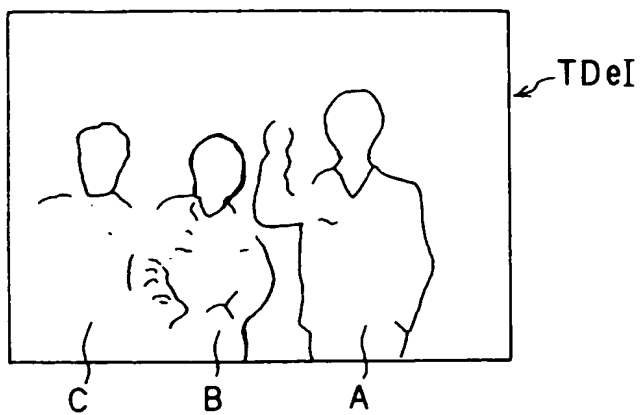
【図 9】



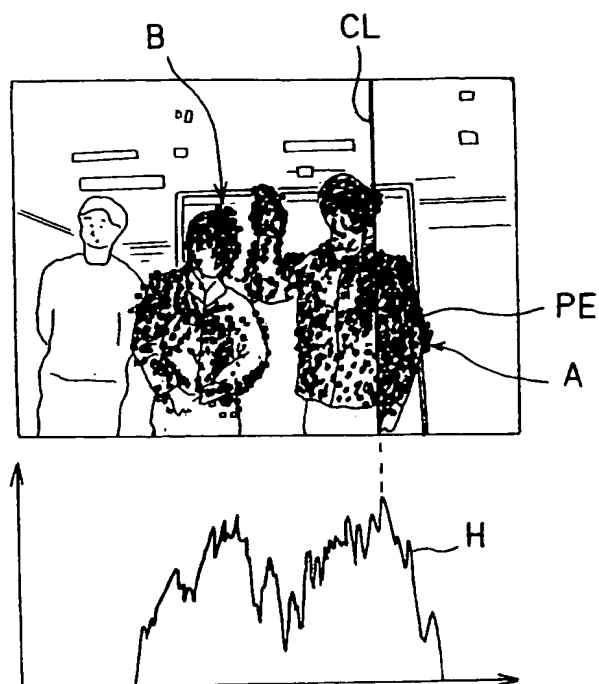
【図 10】



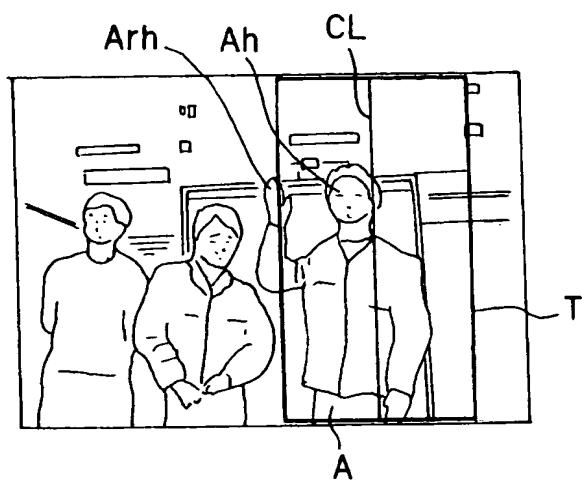
【図 11】



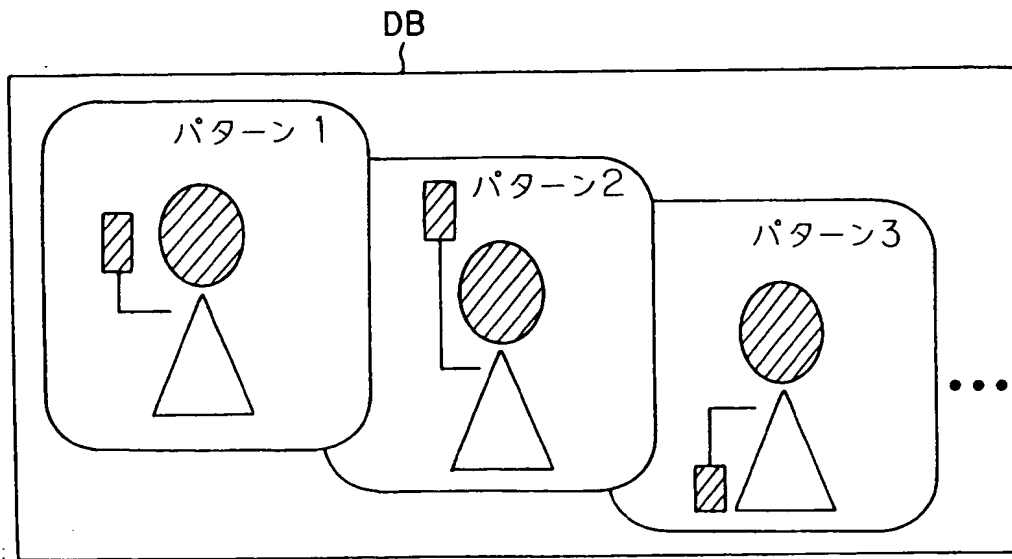
【図 12】



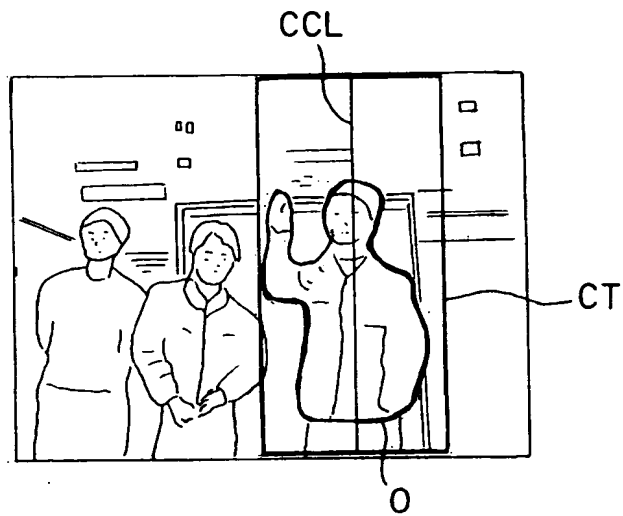
【図 13】



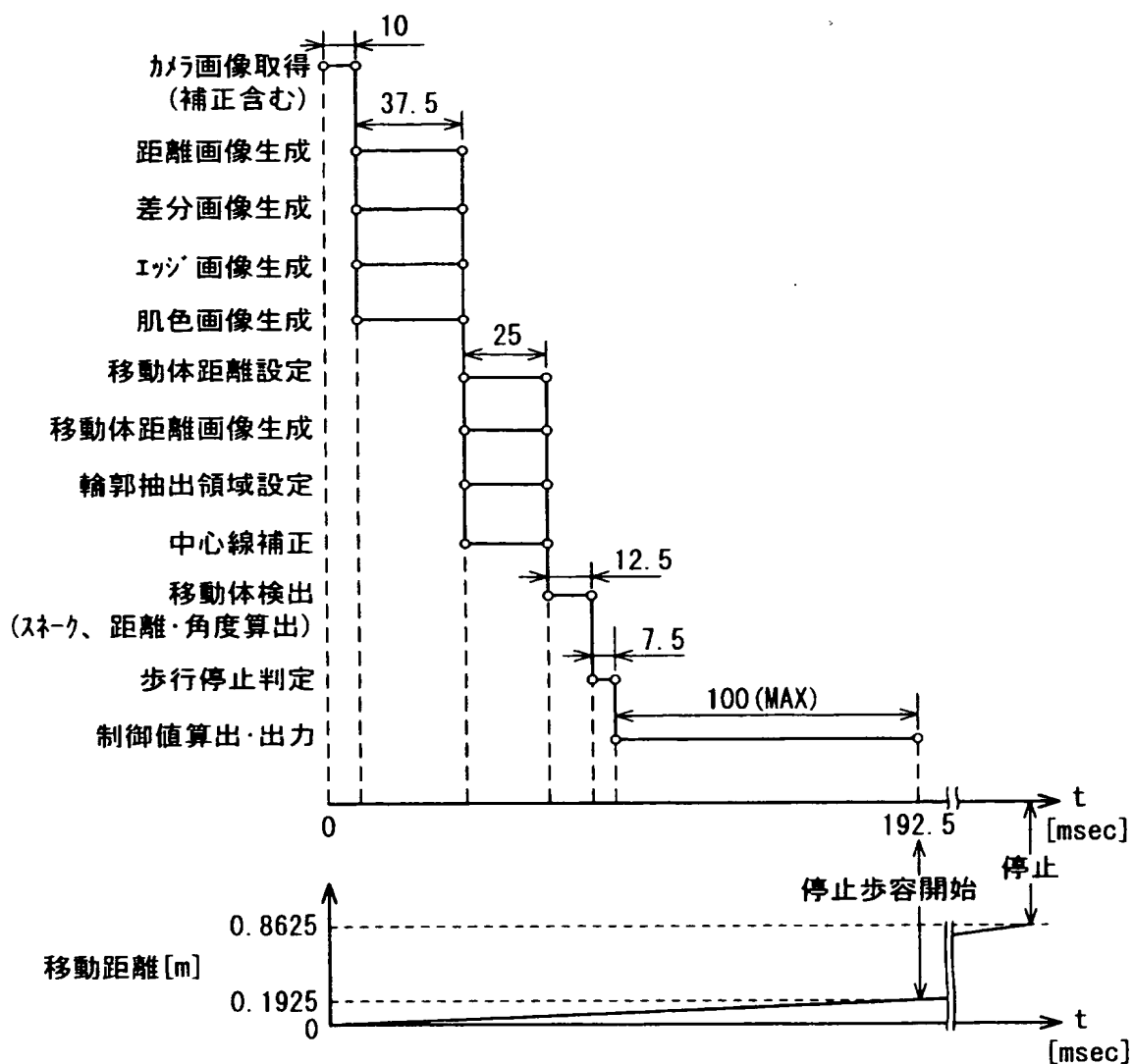
【図14】



【図15】



【図 16】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 移動体との衝突を回避することができるようにした2足歩行ロボットの制御装置を提供する。

【解決手段】 CCDカメラ50R(L)から入力された画像を解析し(70A)、それに基づいて移動体を検出して移動体情報を算出し(70B)、算出された移動体情報に基づいて2足歩行ロボットの歩行を停止すべきと判定されたとき(70k)、ロボットが停止するように脚部を駆動する電動モータMの制御値を算出する(70l)と共に、CCDカメラ50R(L)で画像が撮像されてからロボットの歩行が停止されるまでにロボットが移動する停止時移動距離が、所定の距離以内となるように、入力画像の解析処理と、移動体情報の算出処理を含めた移動体の検出処理と、歩行の停止判定処理と、脚部の制御値の算出処理とを行う。

【選択図】 図5

特願 2003-095484

出願人履歴情報

識別番号

[000005326]

1. 変更年月日

1990年 9月 6日

[変更理由]

新規登録

住 所

東京都港区南青山二丁目1番1号

氏 名

本田技研工業株式会社